

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Juni 2002 (27.06.2002)

PCT

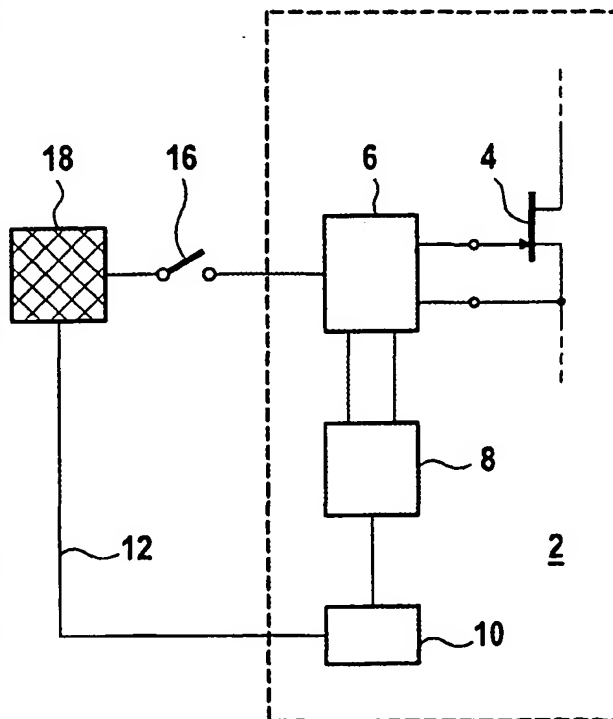
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/50897 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 23/00 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04486 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ECKARDT, Dieter  
(22) Internationales Anmeldedatum: 29. November 2001 (29.11.2001) [DE/DE]; Ziehler Str. 8, 91074 Herrgonausach (DE).  
REBBEREH, Carsten [DE/DE]; Obere Karlsstrasse 23,  
91054 Erlangen (DE). SCHIERLING, Hubert [DE/DE];  
Pommernstrasse 18 G, 91052 Erlangen (DE). WEIS,  
Benno [DE/DE]; Amselstrasse 8, 91334 Hemhofen (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).  
(30) Angaben zur Priorität: 100 63 084.7 18. Dezember 2000 (18.12.2000) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRONIC POWER CIRCUIT

(54) Bezeichnung: LEISTUNGSELEKTRONISCHE SCHALTUNG



(57) Abstract: The invention relates to an electronic power circuit (2) comprising at least one power semiconductor whose control inputs are connected to a trigger device (6) and comprising a power supply (8) which, on the output side, is connected to terminals of the trigger device (6) and, on the input side, is connected to a device (10) to which a supply voltage is applied. According to the invention, a self-conducting power semiconductor (4) is provided as the power semiconductor. This results in economically reducing the forward power losses and switching losses of an electronic power circuit.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine leistungselektronische Schaltung (2) mit wenigstens einem Leistungshalbleiter, dessen Steuereingänge mit einer Ansteuereinrichtung (6) verknüpft sind, und mit einer Stromversorgung (8), die ausgangsseitig mit Anschlüssen der Ansteuereinrichtung (6), und eingangsseitig mit einer Einrichtung (10) verbunden sind, an der eine Versorgungsspannung ansteht. Erfindungsgemäss ist als Leistungshalbleiter ein selbstleitender Leistungshalbleiter (4) vorgesehen. Somit werden die Durchlass- und Schaltverluste einer leistungselektronischen Schaltung kostengünstig reduziert.

WO 02/50897 A2

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Beschreibung

## Leistungselektronische Schaltung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine leistungselektronische Schaltung mit wenigstens einem Leistungshalbleiter, dessen Steuereingänge mit einer Ansteuereinrichtung verknüpft sind, und mit einer Stromversorgung, die ausgangsseitig mit Anschlüssen der Ansteuereinrichtung und eingangsseitig mit einer Einrichtung verbunden ist, an der eine Versorgungsspannung ansteht.

- Zu den leistungselektronischen Schaltungen gehören Stromrichterschaltungen, wie z.B. selbstgeführter Stromrichter, der als Wechsel- bzw. Gleichrichter betrieben wird, oder DC/DC-Wandler, der als Tiefsetz- bzw. Hochsetzsteller oder als Schaltnetzteil ausgeführt ist. Allen diesen leistungselektronischen Schaltungen ist gemeinsam, dass diese zumindest einen Leistungshalbleiter aufweisen, der mittels einer korrespondierenden Ansteuereinrichtung gesteuert wird. Für die Aufbringung eines entsprechenden Steuerstromes bzw. Steuerspannung ist die Ansteuereinrichtung mit Ausgängen einer Stromversorgung verbunden. Die Stromversorgung kann ein- oder mehrphasig an ein Stromnetz oder an einem Spannungswillkürkreis-Kondensator einer Stromrichterschaltung angeschlossen sein.

- Leistungselektronische Schaltungen werden in einem Spannungsbereich über 100 V betrieben. In diesem Spannungsbereich werden ausschließlich selbstsperrende Halbleiter als Leistungshalbleiter verwendet. Diesen selbstsperrenden Halbleitern ist gemeinsam, dass diese bei einer Steuerspannung von 0 V sperren. Das heißt, erst wenn die Steuerspannung einen bestimmten positiven Wert überschreitet, führt der selbstsperrende Halbleiter einen Strom. Die selbstsperrende Ausführungsform der Halbleiter bedingt eine nicht zu vernachlässigbare Durchlassspannung, die im Betrieb für Durchlassverluste und Schaltverluste

luste verantwortlich ist. Diese Verlustleistung, die zum Teil durch die selbstsperrende Ausführungsform der Halbleiter bedingt ist, muss durch Entwärmungseinrichtungen abgeführt werden. Dadurch wird das Bauvolumen einer leistungselektronischen Schaltung vergrößert bzw. kann eine solche leistungselektronische Schaltung nicht in unmittelbarer Nähe von  
5      Geräten installiert werden, die Verlustwärme erzeugen.

Die Durchlassverluste und Schaltverluste steigen mit der am  
10     Leistungshalbleiter anliegenden Spannung. Bei sehr hohen Spannungen, beispielsweise bis 5 kV, werden bei im Handel erhältlichen leistungselektronischen Schaltungen nur selbstsperrende bipolare Halbleiterschalter aus Silizium verwendet.

15     Aus der DE 196 10 135 C1 ist ein Hybrid-Leistungs-MOSFET bekannt, der einen selbstsperrenden n-Kanal-MOSFET, insbesondere einen Niedervolt-Leistungs-MOSFET, und einen selbstleitenden n-Kanal-Sperrschicht-FET aufweist. Dieser hochsperrende Sperrschicht-FET wird auch als Junction-Field-Effect-  
20     Transistor (JFET) bezeichnet. Diese beiden FETs sind derart elektrisch in Reihe geschaltet, dass der Source-Anschluss des Sperrschicht-FET mit dem Drain-Anschluss des MOSFET und dass der Gate-Anschluss des Sperrschicht-FET mit dem Source-Anschluss des MOSFET elektrisch leitend verbunden sind. Diese  
25     elektrische Zusammenschaltung zweier Halbleiterbauelemente wird bekanntlich auch als Kaskadenschaltung bezeichnet. Der niedersperrende MOSFET dieser Kaskadenschaltung weist eine interne bipolare Diode auf, die antiparallel zum MOSFET geschaltet ist und allgemein als Invers bzw. interne Freilauf-  
30     diode bezeichnet wird. Der selbstsperrende n-Kanal-MOSFET dieses Hybrid-Leistungs-MOSFETs ist aus Silizium, wogegen der selbstleitende n-Kanal-JFET aus Siliziumkarbid besteht. Dieser Hybrid-Leistungs-MOSFET ist für eine hohe Sperrspannung von über 600 V ausgelegt und weist dennoch nur geringe Ver-  
35     luste im Durchlassbereich auf.

Da dieser Hybrid-Leistungs-MOSFET ein selbstsperrendes Bauelement ist, kann dieser die bipolaren Halbleiterschalter aus Silizium der zuvor genannten leistungselektronischen Schaltungen ersetzen, ohne dass diese leistungselektronischen Schaltungen abgeändert werden müssen. Da dieser Hybrid-Leistungs-MOSFET aus zwei Halbleiterchips aufgebaut wird, benötigt der Hybrid-Leistungs-MOSFET relativ viel Fläche. Dadurch wächst nicht nur der Platzbedarf der leistungselektronischen Schaltung, sondern es steigen ebenfalls die Kosten.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die leistungselektronische Schaltung derart weiterzubilden, dass die Durchlass- und Schaltverluste weiter gesenkt werden können, ohne Erhöhung der Kosten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1 gelöst.

Dadurch, dass als Leistungshalbleiter ein selbstleitender Leistungshalbleiter ist, werden die Durchlassverluste und Schaltverluste der leistungselektronischen Schaltung weiter reduziert. Da gegenüber den Hybrid-Leistungs-MOSFETs die Anzahl der verwendeten Halbleiterchips halbiert sind, wird der Platzbedarf dieser leistungselektronischen Schaltung deutlich gesenkt. Ebenso verringern sich die Kosten gegenüber einer leistungselektronischen Schaltung mit Hybrid-Leistungs-MOSFETs. Damit diese leistungselektronische Schaltung mit selbstleitenden Leistungshalbleiter betrieben werden kann, muss die Einrichtung, die der Stromversorgung vorgeschaltet ist, derart ausgebildet sein, dass der Stromversorgung eine vorbestimmte Versorgungsspannung für die Ansteuerung des selbstleitenden Leistungshalbleiters unmittelbar nach Schließen eines Netzschalters angeboten werden kann. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass der selbstleitende Leistungshalbleiter der leistungselektronischen Schaltung zum Einschalten dieser leistungselektronischen Schaltung gesperrt

werden kann. Somit erhält man eine leistungselektronische Schaltung, die wie eine leistungselektronische Schaltung mit selbstsperrenden Leistungshalbleiter funktioniert, jedoch erheblich geringere Durchlassverluste und Schaltverluste auf-  
5 weist.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung ist der selbstleitende Leistungshalbleiter ein hochsperrender Sperrschicht-FET aus Siliziumkarbid. Dieser Leistungshalbleiterschalter kann bei einer hohen Tempera-  
10 tur betrieben werden, so dass gegenüber handelsüblichen leistungselektronischen Schaltungen der Aufwand an Entwärmung sehr reduziert werden kann. Dadurch reduziert sich ebenfalls der Platzbedarf für die leistungselektronische Schaltung. Au-  
15 ßerdem kann dadurch die erfindungsgemäße leistungselektronische Schaltung in unmittelbarer Nähe von bzw. in Geräte angeordnet werden, die Verlustwärme erzeugen. Es besteht somit die Möglichkeit, eine erfindungsgemäße leistungselektronische Schaltung ohne eine eigene Entwärmungseinrichtung in einem  
20 Klemmkasten eines Elektromotors zu integrieren.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung ist der selbstleitende Leistungshalbleiter derart bemessen, dass dieser durch eine sättigenden Kennlinie unabhängig von einer anliegenden Spannung  
25 den Stromfluss durch den selbstleitenden Leistungshalbleiter begrenzt, wobei dieser selbstleitende Leistungshalbleiter aus Siliziumkarbid ist. Mit einem derartigen selbstleitenden Leistungshalbleiter wird keine Einrichtung für die Stromversorgung der Ansteuereinrichtung des selbstleitenden Leistungshalbleiters benötigt. Somit können die Durchlassverluste einer leistungselektronischen Schaltung dadurch reduziert  
30 werden, dass nur der selbstsperrende Leistungshalbleiter durch einen selbstleitenden Leistungshalbleiter ausgetauscht  
35 wird.

Bei einer ersten Ausführungsform der Einrichtung für die Stromversorgung der Ansteuereinrichtung der erfindungsgemäßen leistungselektronischen Schaltung weist diese Einrichtung einen Schalter und einen Gleichrichter mit gleichspannungsseitigen Hilfskondensator auf. Die Stromversorgung für die Ansteuereinrichtung ist eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator geschaltet, wobei der Gleichrichter mittels des Schalters mit einem Versorgungsnetz verbindbar ist. Mit Hilfe dieser Einrichtung wird dafür gesorgt, dass die leistungselektronische Schaltung erst dann mittels eines Schalters in Betrieb genommen werden kann, wenn die Stromversorgung der Ansteuereinrichtung des bzw. der selbstleitenden Leistungshalbleiter(s) eine vorbestimmte Versorgungsspannung liefert, so dass der/die selbstleitenden Leistungshalbleiter gesperrt werden können. Durch die Verwendung der Einrichtung für die Stromversorgung der Ansteuereinrichtung kann die leistungselektronische Schaltung, nachdem der bzw. die selbstsperrenden Leistungshalbleiter durch selbstleitende Leistungshalbleiter ersetzt sind, unverändert verwendet werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Einrichtung für die Stromversorgung der Ansteuereinrichtung des selbstleitenden Leistungshalbleiters weist diese Einrichtung einen Schalter und einen Hilfskondensator auf, wobei der Hilfskondensator mittels des Schalters elektrisch parallel zu einem Spannungszwischenkreis-Kondensator schaltbar ist. Der Schalter ist in einer Verbindung der beiden elektrisch parallel geschalteten Kondensatoren angeordnet. Die Stromversorgung ist eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator geschaltet. Sobald die Stromversorgung eine vorbestimmte Versorgungsspannung für die Ansteuereinrichtung des bzw. der selbstleitenden Leistungshalbleiter aufweist, werden diese gesperrt. Bei dieser Ausführungsform werden nur noch wenige zusätzliche Bauelemente benötigt, damit eine handelsübliche leistungselektronische Schaltung nach Austausch der selbst-

sperrenden Leistungshalbleiter gegen selbstleitende Leistungshalbleiter weiter betreibbar bleibt.

Weitere Ausgestaltungen der leistungselektronischen Schaltung gemäß der Erfindung sind den Unteransprüchen 7 bis 18 zu entnehmen.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der mehrere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen leistungselektronischen Schaltung schematisch veranschaulicht sind.

FIG 1 zeigt eine erste Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung nach der Erfindung, in der

FIG 2 ist ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen leistungselektronischen Schaltung dargestellt, die

FIG 3 zeigt temperaturabhängige Sättigungskennlinien in einem I/U-Diagramm, in der

FIG 4 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung nach FIG 2 dargestellt, die

FIG 5 bis 13 zeigen jeweils ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen leistungselektronischen Schaltung, wobei in den

FIG 14 und 15 weitere Ausführungen der erfindungsgemäßen leistungselektronischen Schaltung dargestellt sind.

30

In der FIG 1 ist eine erste Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung 2 nach der Erfindung dargestellt. Diese leistungselektronische Schaltung 2 weist wenigstens einen selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 auf, dessen Steuereingänge mit einer korrespondierenden Ansteuereinrichtung 6

35



verbunden sind. Weiterhin weist diese leistungselektronische Schaltung 2 eine Stromversorgung 8 für die Ansteuereinrichtung 6 und eine Einrichtung 10 auf. Diese Einrichtung 10 ist ausgangsseitig mit Anschlüssen der Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtung 6 verknüpft. Außerdem ist die Einrichtung 10 mittels einer Leitung 12 mit einem Netz 18 verbunden. Mittels eines EIN-/AUS-Schalters 16 ist die leistungselektronische Schaltung 2 mit diesem Netz 18 verbindbar. In dieser Darstellung ist als selbstleitender Leistungshalbleiter 4 ein n-Kanal-Sperrschicht-FET, insbesondere ein hochsperrender, dargestellt. Dieser hochsperrende n-Kanal-Sperrschicht-FET wird, wie bereits erwähnt, als Junction-Field-Effekt-Transistor (JFET) bezeichnet. Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist dieser JFET aus Siliziumkarbid. Da durch die Einrichtung 10 darauf geachtet wird, dass die Stromversorgung eine vorbestimmte Versorgungsspannung für die Ansteuereinrichtung 6 des selbstleitenden Leistungshalbleiters 4 generiert, kann, nachdem der selbstleitende Leistungshalbleiter 4 gesperrt ist, die leistungselektronische Schaltung wie eine handelsübliche leistungselektronische Schaltung mit selbstsperrenden Leistungshalbleitern betrieben werden.

Durch die Verwendung von selbstleitenden Leistungshalbleitern 4 werden die Durchlassverluste einer leistungselektronischen Schaltung 2 erheblich reduziert. Der Aufwand für die Einrichtung 10 ist minimal, so dass die Reduzierung der Durchlassverluste der leistungselektronischen Schaltung 2 ohne Mehrkosten geschaffen wird. Gegenüber einer leistungselektronischen Schaltung 2 mit Hybrid-Leistungs-MOSFETs als Leistungshalbleiter 4 werden nicht nur die Durchlassverluste reduziert, sondern ebenso die Kosten gesenkt.

Die FIG 2 zeigt ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen leistungselektronischen Schaltung 2, die hier ein Spannungszwischenkreis-Umrichter ist. Dieser Spannungszwischenkreis-Umrichter weist als netz-

5 seitigen Stromrichter 20 einen ungesteuerten Stromrichter, der auch als Gleichrichter bezeichnet wird, einen Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 und einen Wechselrichter 22 mit sechs selbstleitenden Leistungshalbleitern 4 auf. Die Stromversorgung 8 für die Ansteuereinrichtungen 6, die aus Über-

10 sichtlichkeitsgründen hier nicht näher dargestellt ist, ist eingangsseitig elektrisch parallel zum Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 geschaltet. Der netzseitige Stromrichter 20 ist wechsellspannungsseitig mittels des EIN-/AUS-Schalters 16, der beispielsweise ein Schütz ist, mit dem Versor-

15 gungsnetznetz 18 verbindbar. Die Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtung 6 ist ein Schaltnetzteil, das aus mehreren 100V Zwischenkreisspannung, beispielsweise eine Versorgungsspannung von +/-25V für die Ansteuereinrichtungen generiert. Als selbstleitender Leistungshalbleiter 4 sind in dieser

20 Ausführungsform JFETs aus Siliziumkarbid vorgesehen, die derart dimensioniert sind, dass unabhängig von der anstehenden Spannung der Strom durch die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 begrenzt wird. Dies wird dadurch erreicht, dass der JFET eine nichtlineare Stromspannung-Kennlinie gemäß der FIG

25 3 erhält, welche den Strom durch die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 auf einen von der anliegenden Spannung unabhängigen Wert begrenzt. Die Nichtlinearität kann dabei derart gewählt werden, dass die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 erst oberhalb eines vorgegebenen Stromwertes einen Teil der Zwischenkreisspannung aufnehmen und sich somit

30 bei niedrigeren Strömen nicht bemerkbar machen und somit im Dauerbetrieb kaum Verluste verursachen.

Da die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 jeweils eine nichtlineare Strom-Spannungs-Kennlinie aufweisen wird die Einrichtung 10 für die Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtung 6 nicht mehr benötigt. Ohne diese nichtlineare Strom-Spannungs-Kennlinie schließen die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 den Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 kurz, so dass beim Einschalten des Spannungszwischenkreis-Umrichters keine Zwischenkreisspannung aufgebaut werden kann. Ohne Zwischenkreisspannung existiert auch keine Versorgungsspannung für die Ansteuereinrichtungen 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4, so dass diese nicht angesteuert werden können. Durch die nichtlineare Strom-Spannungs-Kennlinie jedes selbstleitenden Leistungshalbleiters 4 wird die Zwischenkreisspannung aufgebaut, wobei eine Verlustleistung in Kauf genommen werden muss.

In der FIG 4 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung 2 nach FIG 2 dargestellt. Diese Darstellung beschränkt sich auf die wesentlichen Teile der leistungselektronischen Schaltung 2 nach FIG 2, die hier zur Erläuterung notwendig sind. Gegenüber der Ausführungsform der leistungselektronischen Schaltung 2 nach FIG 2 weist diese Ausführungsform eine Reihenschaltung 24 auf, die eine Entkopplungsdiode D und einen Hilfskondensator C2 aufweist. Diese Reihenschaltung 24 ist elektrisch parallel zum Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 geschaltet. Die Stromversorgung 8 für die Ansteuereinrichtungen 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 ist eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator C2 geschaltet. Die Entkopplungsdiode D entkoppelt die beiden Kondensatoren C1 und C2 von einander. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass beim kurzzeitigen Ausschalten des Spannungszwischenkreis-Umrichters der Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 entladen werden kann, ohne dass

die Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtungen 6 ihre Eingangsspannung verliert. Die Entladung des Spannungszwischenkreis-Kondensators C1 kann durch Einschalten aller Leistungshalbleiter 4 des Wechselrichters 22 des Spannungszwischenkreis-Umrichters erfolgen. Sobald der Spannungszwischenkreis-Umrichter wieder eingeschaltet wird, ist dieser sofort betriebsbereit, da die Eingangsspannung für die Stromversorgung 8 nicht erst aufgebaut werden muss. Der Wert der Kapazität dieses Hilfskondensators C2 richtet sich nach der  
10 erforderlichen Überbrückungszeit.

In der FIG 5 ist eine erste Ausführungsform der Einrichtung 10 für die Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtung 6 eines selbstleitenden Leistungshalbleiters 4 veranschaulicht. Diese  
15 Einrichtung 10 weist einen Schalter 26 auf, einen Gleichrichter 28 mit einem gleichspannungsseitigen Hilfskondensator C2 und eine Ablaufsteuereinrichtung 30 auf. Der Schalter 26 verbindet den Gleichrichter 28 wechselfspannungsseitig mit dem Versorgungsnetz 18, an dem mittels des EIN-/AUS-Schalters 16  
20 die leistungselektronische Schaltung 2 anschließbar ist. Die Stromversorgung 8 ist eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator C2 geschaltet. Mit Schließen des Schalters 26 wird mittels des Gleichrichters 28 und des Hilfskondensators C2 eine Gleichspannung für die Stromversorgung 8 aufgebaut. Aus dieser Eingangs-Gleichspannung generiert die  
25 Stromversorgung 8 eine Versorgungsspannung für die Ansteuerungsschaltung 6 eines selbstleitenden Leistungshalbleiters 4. Sobald die Versorgungsspannung der Ansteuereinrichtung 6 aufgebaut ist, wird der selbstleitende Leistungsschalter 4 der  
30 leistungselektronischen Schaltung 2 gesperrt.

In der FIG 6 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Einrichtung 10 nach FIG 1 näher dargestellt. Diese Einrichtung

10 weist einen Schalter 32 und einen Hilfskondensator C2 auf. Der Hilfskondensator C2 ist elektrisch parallel zum Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 geschaltet, wobei der Schalter 32 in einer Verbindung dieser beiden parallel geschalteten Kondensator C1 und C2 angeordnet ist. Es ist unerheblich, in welcher Verbindung dieser Schalter 32 angeordnet ist. Elektrisch parallel zum Hilfskondensator C2 ist der Eingang der Stromversorgung 8 geschaltet. Ausgangsseitig ist die Stromversorgung 8 mit Anschlüssen einer Ansteueranlage 6 verbunden. Gegenüber der Ausführungsform der Einrichtung 10 nach FIG 5 wird hier der Gleichrichter 28 eingespart, da diese bei einem Spannungszwischenkreis-Umrichter bereits vorhanden ist.

15 In der Figur 7 weist der Spannungszwischenkreis-Umrichter einen Vorladewiderstand 52 auf, der mittels eines Schalters 54 überbrückbar ist. Dieser überbrückbare Vorladewiderstand 52 ist in der positiven Stromschiene zwischen dem netzseitigen Stromrichter 20 und dem Wechselrichter 32 angeordnet. Die Einrichtung 10 weist bei dieser Ausführungsform des Spannungszwischenkreis-Umrichters ebenfalls eine Reihenschaltung 24 auf, die eine Entkopplungsdiode D und einen Hilfskondensator C2 aufweist. Diese Reihenschaltung 24 ist elektrisch parallel zum Ausgang des netzseitigen Stromrichters 20 geschaltet. Die Stromversorgung 8 der Ansteueranlage 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 des Wechselrichters 32 ist eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator C2 geschaltet. Außerdem ist diese Stromversorgung 8 mittels einer Steuerleitung 14 mit einem Steuereingang des Schalters 54 verbunden. Dieser Schalter 54 wird betätigt, sobald der Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 einen vorbestimmten Spannungswert überschritten hat.

Anstelle des überbrückbaren Vorladewiderstand 52 kann auch ein Heißleiter 56 verwendet werden (Fig. 8). Beim Zuschalten des Netzes 18 auf den ungeladenen Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 bei kaltem Heißleiter 56 nimmt dieser Spannung  
5 auf und begrenzt den Strom, der durch den noch kurzgeschlossenen Wechselrichter 32 fließt. Da die Spannung für die Stromversorgung 8 vor dem Heißleiter 56 in Stromflussrichtung gesehen abgegriffen wird, kann diese ihre Arbeit aufnehmen und die Energie zum Sperren der selbstleitenden Leistungs-  
10 halbleiter 4 des Wechselrichters 32 liefern. Sobald diese selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 sperren, lädt sich der Spannungszwischenkreis-Kondensator C1 auf. Bei dieser Ausführung ist wichtig, dass die Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtung 6 schnell betriebsbereit wird, noch bevor der Heiß-  
15 leiter 56 durch den Kurzschlussstrom heiß und damit niederohmig geworden ist. Gegenüber der Ausführungsform nach Figur 7 werden ein Schalter 54 und eine Steuerleitung 14 eingespart.

20 In der Figur 9 ist eine Ausführungsform dargestellt, bei der der Kurzschluss des Spannungszwischenkreis-Kondensators C1 beim Zuschalten des Netzes 18 sofort aufgehoben wird. Dies wird dadurch erreicht, dass der Heißleiter 56 in der Bezugsschiene (Masseleitung) des Spannungszwischenkreis-Umrichters  
25 zwischen dem netzseitigen Stromrichter 20 und dem Wechselrichter 32 angeordnet ist. Zusätzlich zur Reihenschaltung 24 weist die Einrichtung 10 jeweils einen Widerstand 58 für jeden selbstsperrenden Leistungshalbleiter 4 der unteren Brückenseite des Wechselrichters 32 auf. Diese selbstleitenden  
30 Leistungshalbleiter 4 sind mit einem Anschluss mit der Bezugsschiene elektrisch leitend verbunden. Jeder Widerstand 58 ist einerseits mit einem Steueranschluss eines selbstleitenden Leistungshalbleiters 4 und andererseits mittels zweier

antiparallel geschalteter Zenerdioden 60 und 62 mit der Bezugsschiene im netzseitigen Stromrichter 20 verbunden. Mittels dieser Widerstände 58 wird die am Heißeiter 56 anliegende Spannung abzüglich der Zenerspannungen der Zenerdioden 60, 62, als negative Sperrspannung an die Steueranschlüsse der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 der unteren Brückenseite des Wechselrichters 32 gelegt. Da diese Spannung höher sein kann als für die Steueranschlüsse der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 zulässig, wird jeder Steueranschluss durch eine Zenerdiode 64 und 66 geschützt. Die Widerstände 58 sind sehr hochohmig, um die Leistung der Zenerdioden 60 bis 64 sehr klein zu halten. Im Dauerbetrieb ist die Spannung an den Widerständen 58 kleiner 15V. Die Zenerdioden 60 und 62 verhindern, dass der Spannungsabfall am Heißeiter 56 im Normalbetrieb die Ansteuerung der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 des Wechselrichters 32 beeinflusst.

In der Figur 10 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Einrichtung 10 nach Figur 9 näher dargestellt. Diese Variante der Einrichtung 10 kommt nur mit einem Widerstand 58 aus. Dafür sind drei Dioden 68 vorgesehen, die derart verschaltet sind, dass im Normalbetrieb die Dioden 68 sperren und der Widerstand 58 stromlos ist. Als Dioden 68 sind Niederspannungsdioden vorgesehen.

In der Figur 11 ist eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Einrichtung 10 näher dargestellt. Bei dieser Variante der Einrichtung 10 wird nur ein Widerstand 58 und eine Diode 68 benötigt. Die Diode 68 ist nicht wie bei der Variante nach Figur 10 anodenseitig mit einem Steueranschluss eines selbstleitenden Leistungshalbleiters 4, sondern mit dem Ausgang der Stromversorgung 8 verknüpft. Dadurch wird durch den Spannungsabfall am Heißeiter 56 direkt die Versorgungsspannung

der Ansteuereinrichtungen 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 der unteren Brückenseite des Wechselrichters 32 aufgebaut.

5 In der Figur 12 ist ein Spannungszwischenkreis-Umrichter dargestellt, der als netzseitigen Stromrichter 20 eine halbgesteuerte Thyristorbrücke aufweist. Die negative Stromschiene zwischen dem netzseitigen Stromrichter 20 und dem Wechselrichter 32 ist bei diesem Spannungszwischenkreis-Umrichter  
10 mit Masse verbunden. Für die Steuerung der Thyristoren der halbgesteuerten Brücke ist eine Ansteuereinrichtung 70 vorgesehen, die mittels einer Leitung 12 mit einem Ausgang der Stromversorgung 8 verbunden ist. Die Einrichtung 10 weist, wie in der Figur 4, eine Reihenschaltung 24 auf, die  
15 elektrisch parallel zum Ausgang des netzseitigen Stromrichters 20 geschaltet ist. Gegenüber der Ausführungsform nach Figur 4 ist der Verbindungspunkt der Diode D und des Hilfskondensators C2 mittels einer Diode 72 mit einer Netzleitung verbunden. Wenn der Umrichter mittels des EIN-/AUS-Schalters  
20 16 an Netz 18 gelegt wird, bleibt der Spannungszwischenkreis zunächst spannungsfrei, da die Thyristoren der halbgesteuerten Brücke noch keine Zündimpulse erhalten.

Damit die Stromversorgung 8 eine Versorgungsspannung für die  
25 Ansteuereinrichtung 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 des Wechselrichters 32 und für die Ansteuereinrichtung 70 der Thyristoren generieren kann, ist diese eingangsseitig mit wenigstens einer Diode 72 mit einer Netzleitung verbunden. Es können auch drei Dioden verwendet werden. Sobald eine  
30 Versorgungsspannung generiert ist, werden die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 des Wechselrichters 32 gesperrt und die Thyristoren angesteuert. Zum Hochfahren des Zwischenkreises des Umrichters wird der Steuerwinkel ausgehend von



Wechselrichterendlagen langsam auf Null verkleinert. Ist der Zwischenkreis hochgefahren, erhält die Stromversorgung 8 ihre Energie aus dem Spannungszwischenkreis-Kondensator C1.

- 5 Als leistungselektronische Schaltung kann auch ein Matrixumrichter vorgesehen sein, dessen selbstsperrende Leistungshalbleiter durch selbstleitende Leistungshalbleiter ersetzt werden können. Auch bei einem Matrixumrichter als Leistungselektronische Schaltung weist die Einrichtung 10 eine Reihenschaltung 24 auf. Anstelle einer Diode D, weist diese Reihenschaltung drei Dioden D auf. Außerdem ist der zweite Anschluss des Hilfskondensators C2 mit drei Dioden D' mit den Eingangs-Anschlüssen des Matrixumrichters verknüpft. Die Stromversorgung 8 der Ansteuereinrichtung 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 des Matrixumrichters erhält bevor dieser Matrixumrichter mittels des Schalters 16 ans Netz 18 geschaltet wird, seine Energie aus dem Netz 18. Dazu ist die Stromversorgung 8 eingangsseitig mittels zweier Dioden 72 mit zwei Netzleitungen verbunden. Sobald die selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 gesperrt sind, wird mittels der Steuerleitung 14 der EIN-/AUS-Schalter 16 geschlossen.

Da eine korrekte Versorgung des/der selbstleitenden Leistungshalbleiter(s) einer leistungselektronischen Schaltung 2 mit Ansteuerenergie für den Betrieb außerordentlich wichtig ist, kann die Stromversorgung 8 redundant ausgeführt werden.

In der FIG 14 ist eine redundante Ausführungsform der Stromversorgung 8 dargestellt. In dieser Darstellung ist als Stromversorgung 8 und 34 jeweils ein Schaltnetzteil vorgesehen, von denen aus Übersichtlichkeitsgründen nur der Eingangstransformator 36 und 38 dargestellt ist. Da jede Stromversorgung 8 und 34 sechs Ansteuereinrichtungen 6 der sechs

selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 eines Wechselrichters 22 eines Spannungszwischenkreis-Umrichters mit einer Versorgungsenergie versorgt, sind die Transformatoren 36 und 38 jeweils mit sechs Sekundärwicklungen 40 und 42 versehen. Die 5 Primärwicklung 44 bzw. 46 der Stromversorgung 8 bzw. 34 ist elektrisch parallel zum Hilfskondensator C2 geschaltet. Jeweils ein Ausgang der Sekundärwicklungen 40 bzw. 42 ist mit einer Entkopplungsdiode 48 bzw. 50 versehen. Die Ausgänge einer jeden Sekundärwicklung 40, 42 sind mit einer korrespondierenden Ansteuereinrichtung 6 eines selbstleitenden 10 Leistungshalbleiterschalters 4 verknüpft. Durch diese redundante Ausgestaltung der Stromversorgung 8 kann gewährleistet werden, dass die selbstleitenden Leistungshalbleiterschalter 4 einer leistungselektronischen Schaltung 2 immer mit 15 Ansteuerenergie für deren Betrieb versorgt werden.

In der FIG 15 ist eine weitere Möglichkeit der Verschaltung von zwei Stromversorgungen 8 und 34 dargestellt. Bei dieser Darstellung sind die beiden Stromversorgungen 8 und 34 nicht 20 elektrisch parallel geschaltet, sondern jeweils vorbestimmten Ansteuereinrichtung 6 zugeordnet. Die Ausgänge der Stromversorgung 8 sind mit den Ansteuereinrichtungen 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 einer oberen Brückenseite des Wechselrichters 22 eines Spannungszwischenkreis-Umrichters 25 verbunden, wogegen die Ausgänge der Stromversorgung 34 mit den Ansteuereinrichtungen 6 der selbstleitenden Leistungshalbleiter 4 der unteren Brückenseite des Wechselrichters 22 verknüpft sind. Da jede Stromversorgung 8 bzw. 34 nur drei Ansteuereinrichtungen 6 versorgen muss, weist der Eingangstransformator 36 bzw. 38 nur drei Sekundärwicklungen 40 bzw. 30 42 auf. Mit dieser Ausführungsform kann ein unbeabsichtigter Zwischenkreiskurzschluss eines Spannungszwischenkreis-Umrichters verhindert werden. Fällt jedoch eine Strom-

versorgung 8 bzw. 34 aus, muss die leistungselektronische  
Schaltung 2 ausgeschaltet werden.

In Verbindung mit einer Einrichtung 10 kann ein selbst-  
5 leitender Leistungshalbleiter 4 als direkter Ersatz für  
selbstsperrende Leistungshalbleiter in handelsüblichen  
Stromrichterschaltungen verwendet werden, um kostengünstig  
die Durchlassverluste zu senken. Bei der Verwendung von  
selbstleitenden Leistungshalbleitern 4 in handelsüblichen  
10 Stromrichterschaltungen kann ebenfalls auf die Freilaufdiode  
verzichtet werden, wodurch sich der Verschaltungsaufwand und  
der Platzbedarf ebenfalls verringert.

## Patentansprüche

1. Leistungselektronische Schaltung (2) mit wenigstens einem Leistungshalbleiter, dessen Steuereingänge mit einer Ansteuer-  
5 ereinrichtung (6) verknüpft sind und mit einer Stromversorgung (8), die ausgangsseitig mit Anschlüssen der Ansteuer-  
einrichtung (6) und eingangsseitig mit einer Einrichtung (10) verbunden ist, an der eine Versorgungsspannung ansteht, dadurch gekennzeichnet, dass als Leistungshal-  
10 leiter ein selbstleitender Leistungshalbleiter (4) vorgesehen ist.
2. Leistungselektronische Schaltung (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der selbstleitende  
15 Leistungshalbleiter (4) aus Siliziumkarbid besteht.
3. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der selbstleitende Leistungshalbleiter (4) ein hochsperrender  
20 Sperrschicht-Feldeffekt-Transistor ist.
4. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der selbstleitende Leistungshalbleiter (4) derart bemessen  
25 ist, dass dieser durch eine sättigende Kennlinie unabhängig von einer anliegenden Spannung einen Stromfluss begrenzt.
5. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
30 die Einrichtung (10) einen Schalter (26) und einen Gleichrichter (28) mit einem gleichspannungsseitigen Hilfskondensator (C2) aufweist, wobei der Schalter (26) den Gleichrichter (28) wechselspannungsseitig mit dem Versorgungsnetz (18) verbindet und wobei die Stromversorgung (8) eingangsseitig mit dem  
35 Hilfskondensator (C2) verbunden ist.

6. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem Spannungszwischenkreis-Kondensator (C1) und einem netzseitigen ungesteuerten Stromrichter (20), dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (10) einen Schalter (32) und einen Hilfskondensator (C2) aufweist, wobei der Hilfskondensator (C2) elektrisch parallel zu den gleichspannungsseitigen Ausgängen des netzseitigen Stromrichters (20) geschaltet ist, wobei der Schalter (32) in einer Verbindung der beiden Kondensatoren (C1, C2) angeordnet ist und wobei die Stromversorgung (8) eingangsseitig mit den gleichspannungsseitigen Ausgängen des netzseitigen Stromrichters (20) verbunden ist.

7. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem Spannungszwischenkreis-Kondensator (C1), einem netzseitigen ungesteuerten Stromrichter (20) und mit einem überbrückbaren Vorladewiderstand (52) in einer positiven Verbindung zwischen Stromrichterausgang und Spannungszwischenkreis-Kondensator (C1), dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (10) eine Reihenschaltung aus einer Entkopplungsdiode (D) und einem Hilfskondensator (C2) aufweist, wobei diese Reihenschaltung elektrisch parallel zum Ausgang des Stromrichters (20) und die Stromversorgung (8) eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator (C2) geschaltet sind, und dass die Stromversorgung (8) mittels einer Steuerleitung (14) mit einem Schalter (54) des überbrückbaren Vorladewiderstandes (52) verknüpft ist.

8. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem Spannungszwischenkreis-Kondensator (C1), einem netzseitigen ungesteuerten Stromrichter (20) und mit einem Heißleiter in einer Masseverbindung zwischen Stromrichterausgang und Spannungszwischenkreis-Kondensator (C1), dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (10) eine Reihenschaltung (24) aus einer Entkopplungsdiode ( ) und einem Hilfskondensator (C2), zwei antiparallel geschaltete Zenerdioden und wenigstens einem Widerstand (58) aufweist,

- wobei diese Reihenschaltung (24) elektrisch parallel zum Ausgang des Stromrichters (20) und die Stromversorgung (8) eingangsseitig elektrisch parallel zum Hilfskondensator (C2) geschaltet sind, und wobei der Widerstand (58) einerseits mit  
5 einem Steueranschluss des selbstleitenden Leistungshalbleiters (4) und andererseits mittels der antiparallel geschalteten Zenerdioden (60, 62) mit einem Masseanschluss des netzseitigen Stromrichters (20) verbunden ist.
- 10 9. Leistungselektronische Schaltung (2) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Widerstand (58) und Steueranschluss eines selbstleitenden Leistungshalbleiters (4) eine Entkopplungsdiode (68) geschaltet ist.
- 15 10. Leistungselektronische Schaltung (2) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstand anstelle mit einem Steueranschluss des selbstleitenden Leistungshalbleiters (4) mittels einer Entkopplungsdiode (D) mit  
20 einem positiven Ausgang der Stromversorgung (8) verbunden ist.
11. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem Spannungszwischenkreis-Kondensator (C1), einem netzseitigen halbgesteuerten Stromrichter (20)  
25 mit zugehöriger Ansteuereinrichtung (70) und mit wenigstens einer Diode (72), dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (10) eine Reihenschaltung (24) aus einer Entkopplungsdiode (D) und einem Hilfskondensator C2) aufweist, wobei diese Reihenschaltung (24) elektrisch parallel zum Ausgang  
30 des Stromrichters (20) und die Stromversorgung (8) eingangsseitig parallel zum Hilfskondensator (C2) geschaltet ist, dass der Verbindungspunkt der Entkopplungsdiode (D) und des Hilfskondensators (C2) mittels der Diode (72) von einer Netzleitung entkoppelt ist, und dass die Stromversorgung (8)  
35 mittels einer Leitung (12) mit der Ansteuereinrichtung (70) verknüpft ist.

12. Leistungselektronische Schaltung (2) nach Anspruch 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Schalter (26, 32) als elektronischer Schalter ausgeführt ist.
- 5 13. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromversorgung (8) ein DC/DC-Wandler ist.
- 10 14. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromversorgung (8) ein Schaltnetzteil ist.
- 15 15. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Kapazitätswert des Hilfskondensators (C2) wesentlich geringer ist, als der Kapazitätswert des Spannungszwischenkreis-Kondensators (C1).
- 20 16. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die leistungselektronische Schaltung (2) ein Wechselrichter (22) ist.
- 25 17. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die leistungselektronische Schaltung (2) ein selbstgeführter Netzstromrichter (20) ist.
- 30 18. Leistungselektronische Schaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungselektronische Schaltung (2) ein Matrixumrichter ist.

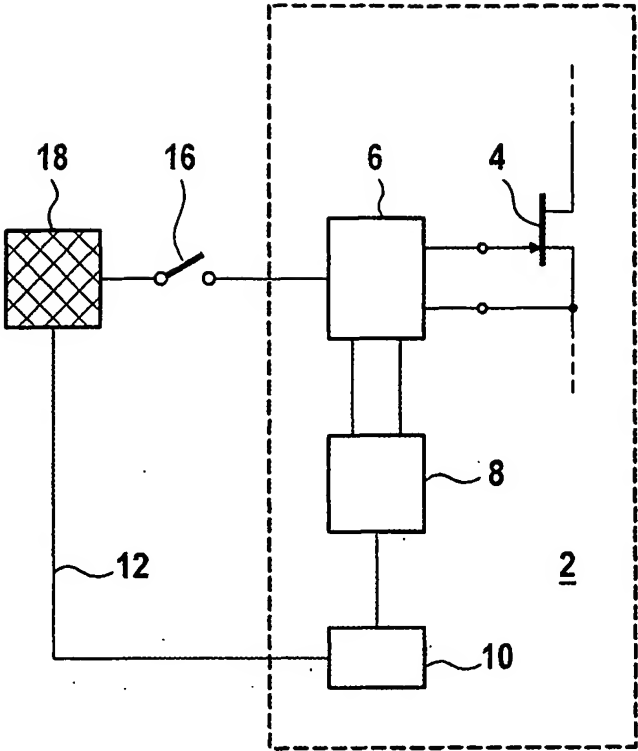


FIG 1

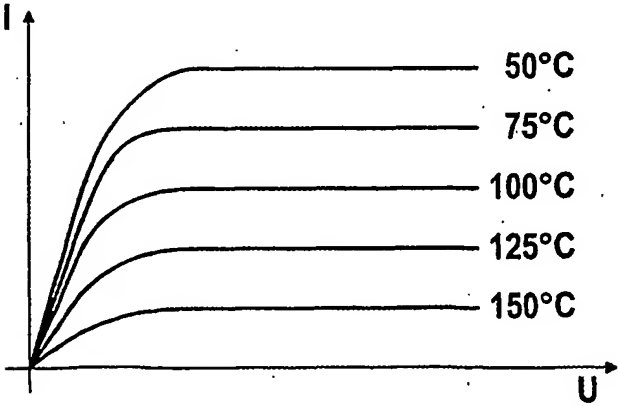


FIG 3



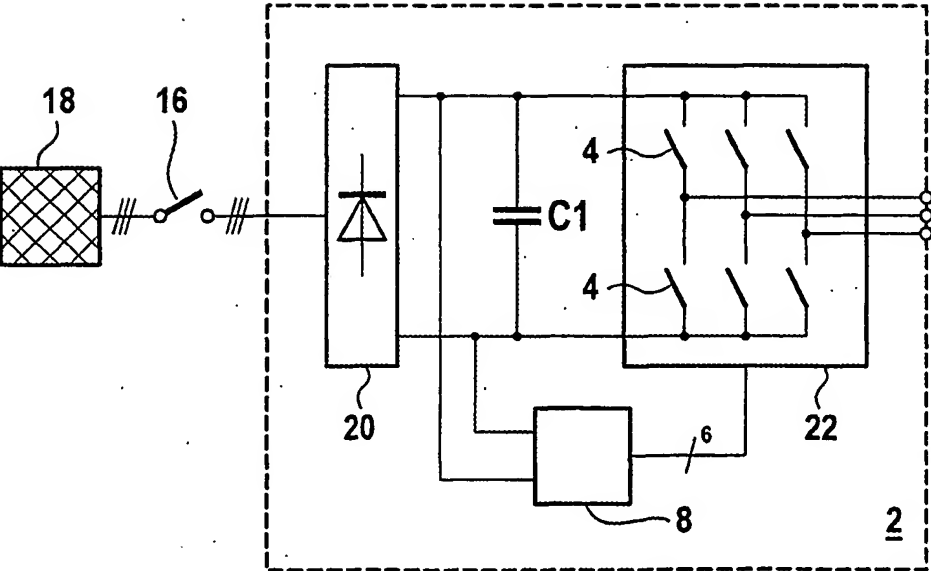


FIG 2

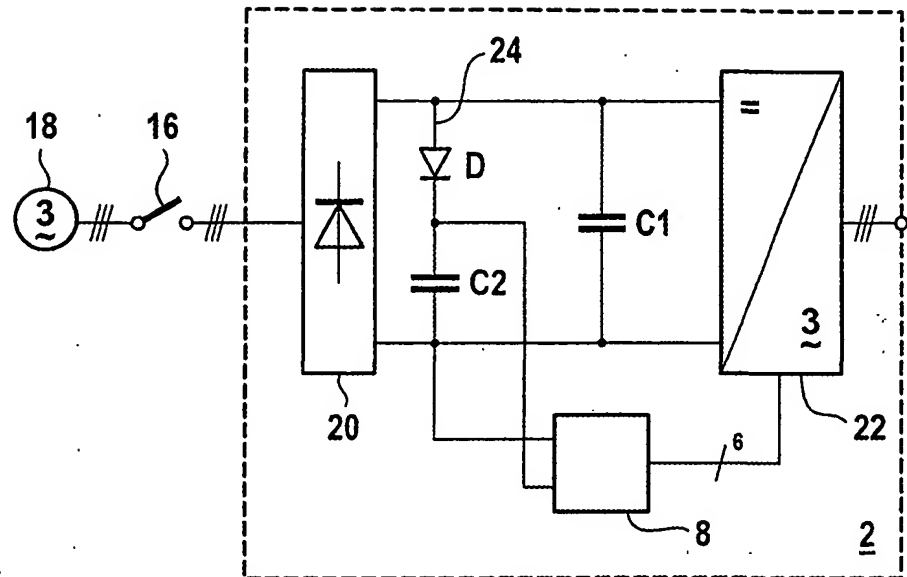


FIG 4

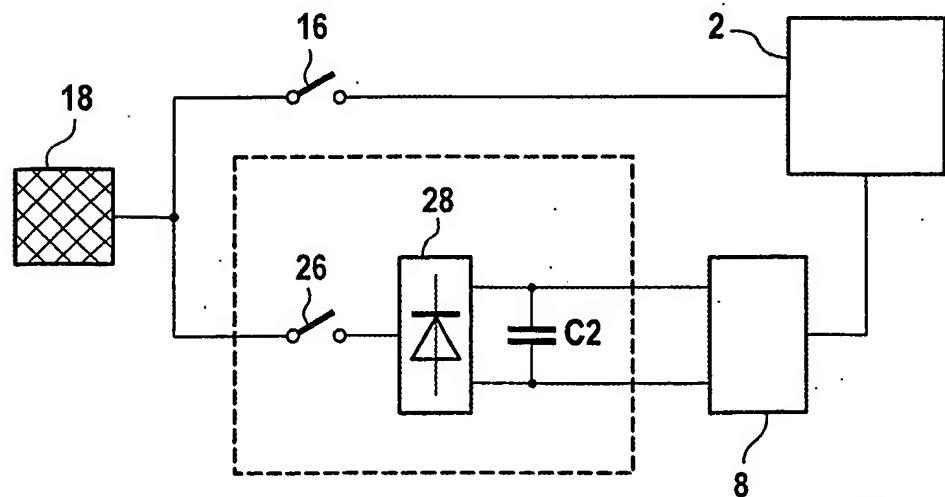
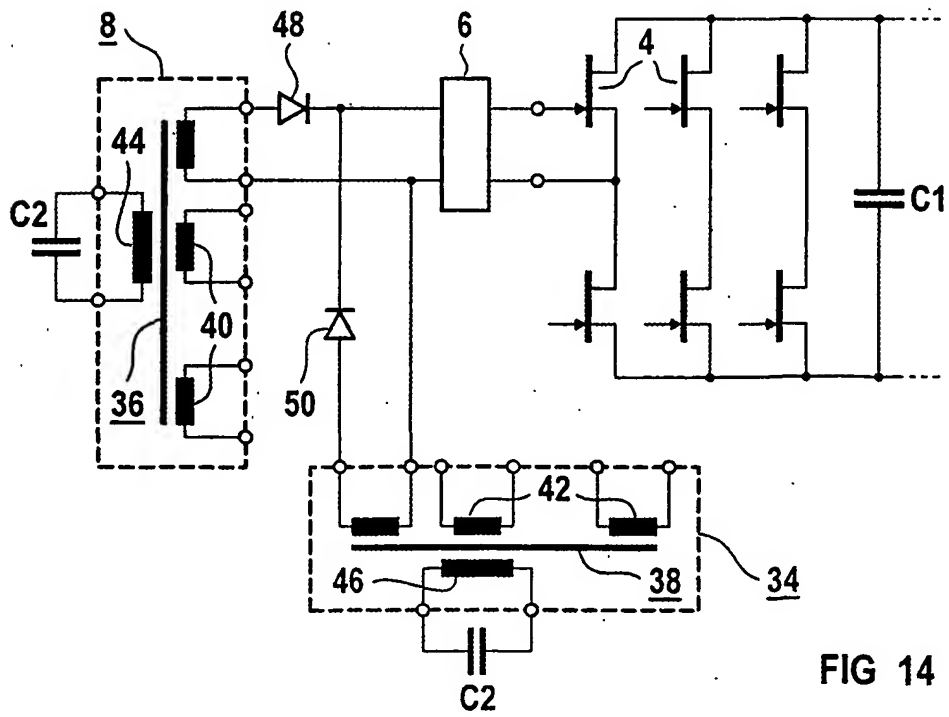
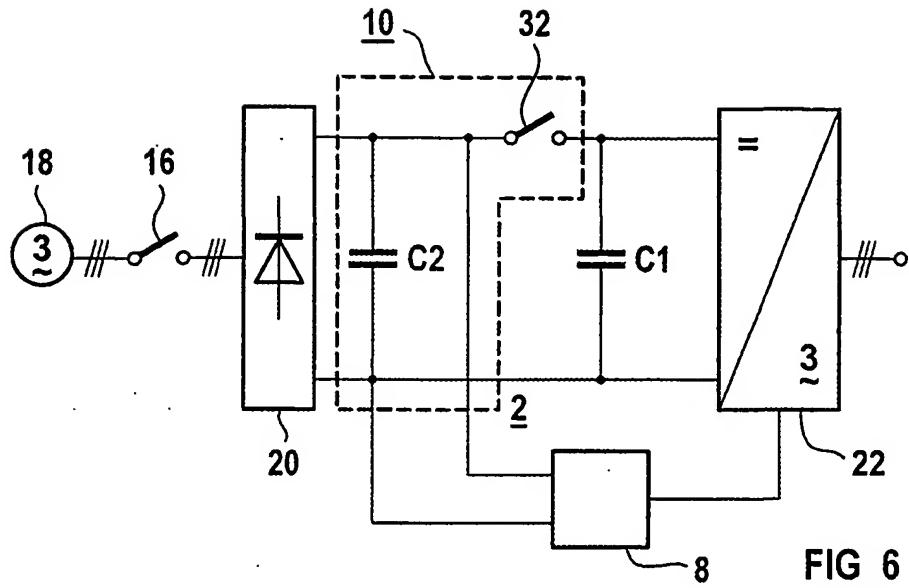
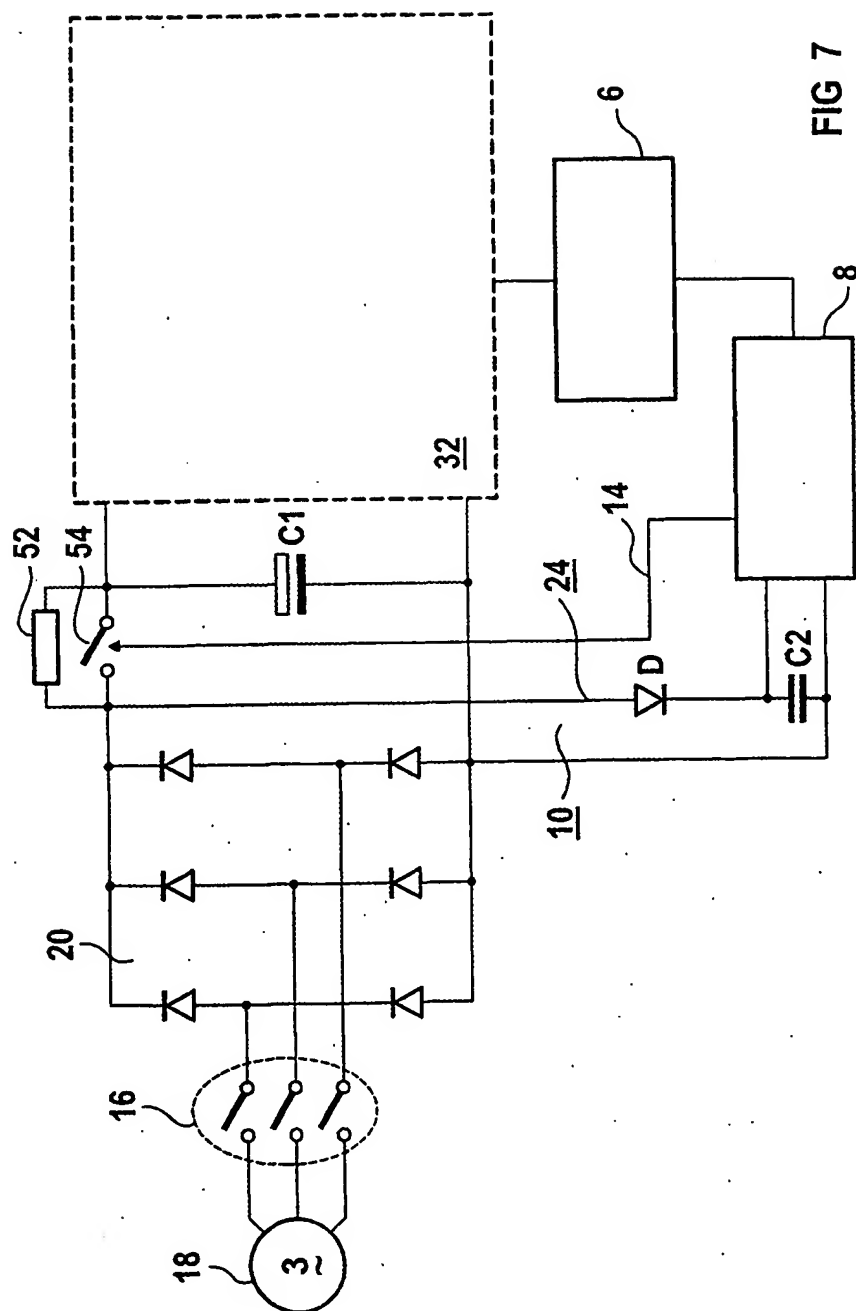


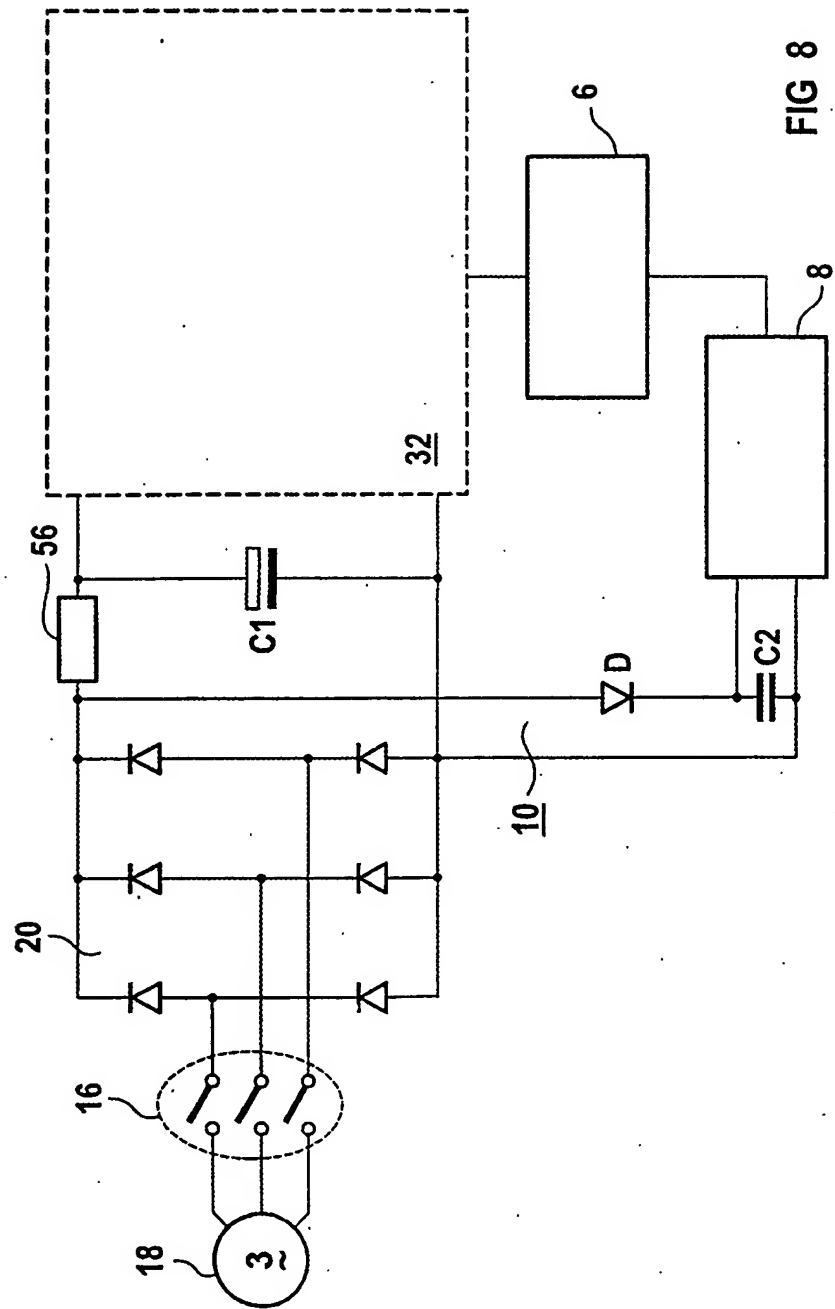
FIG 5

4 / 12



5/12





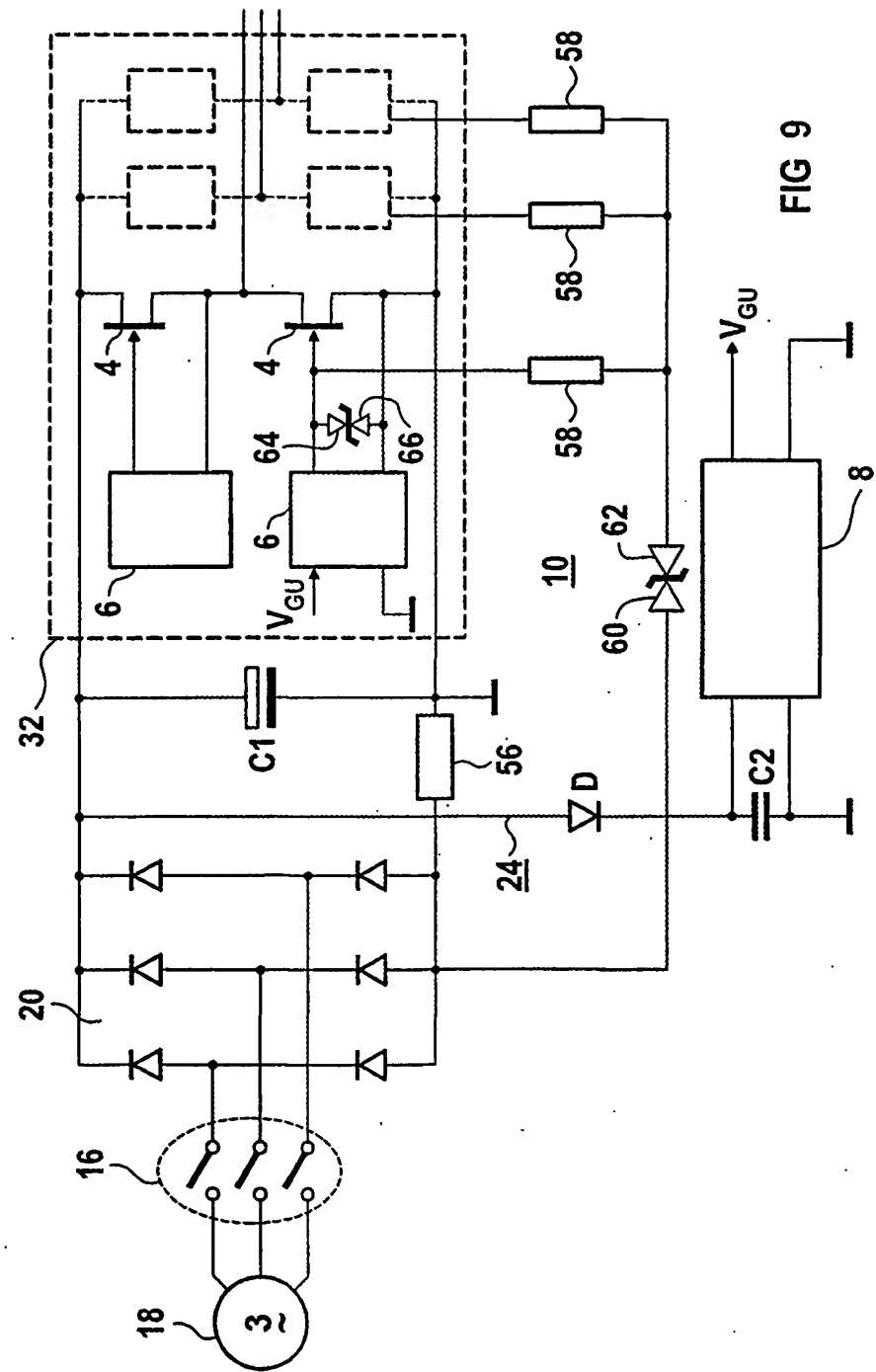


FIG 9

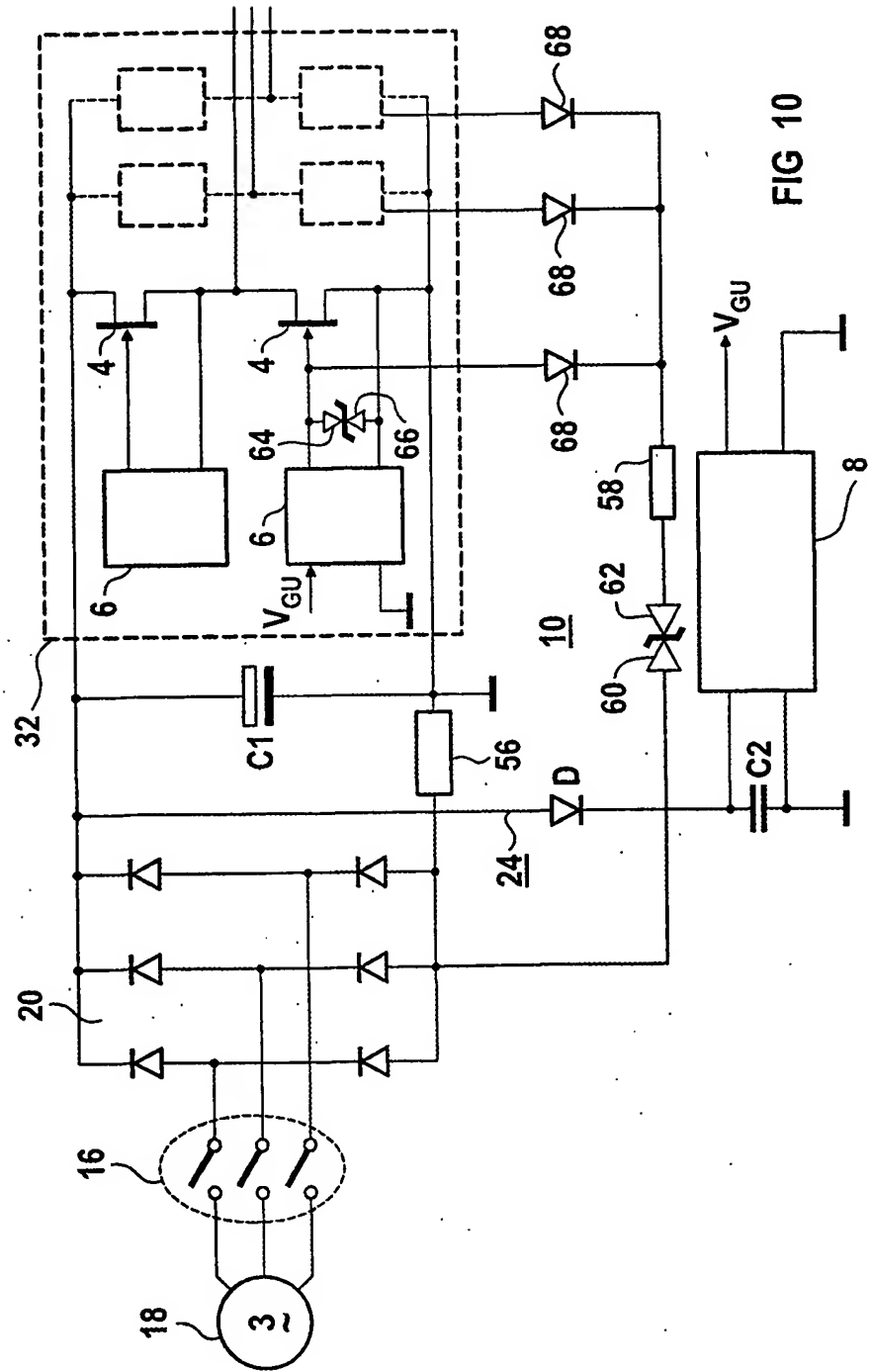


FIG 10

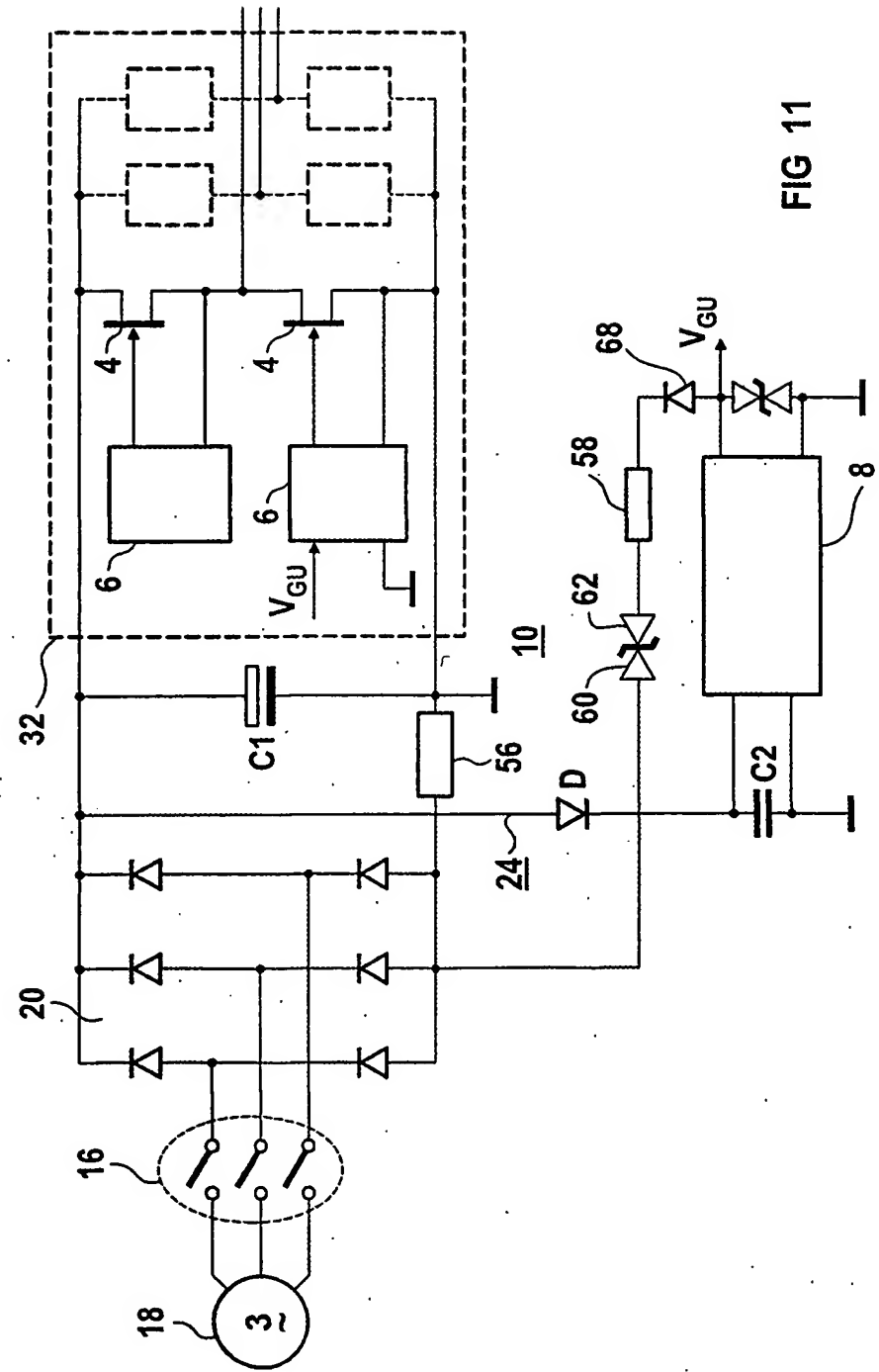


FIG 11



10 / 12

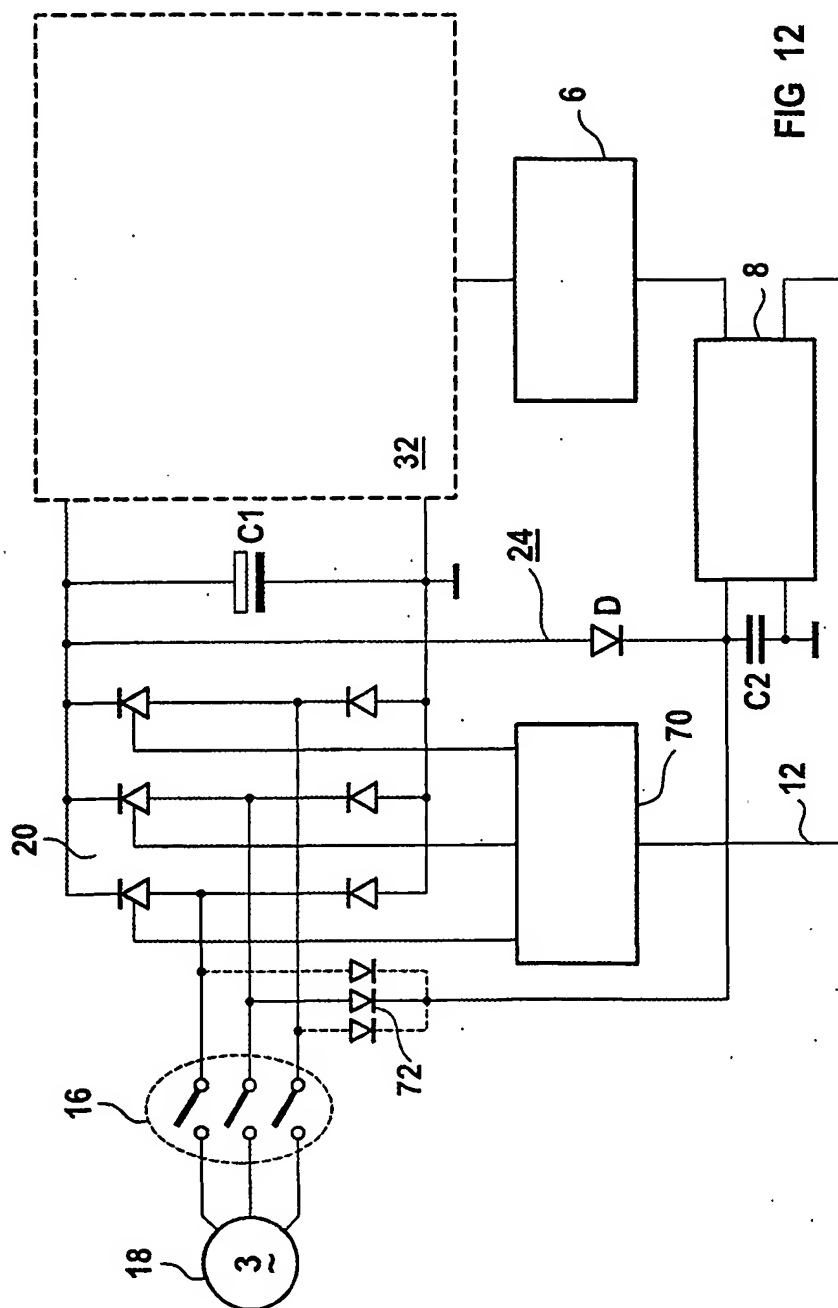
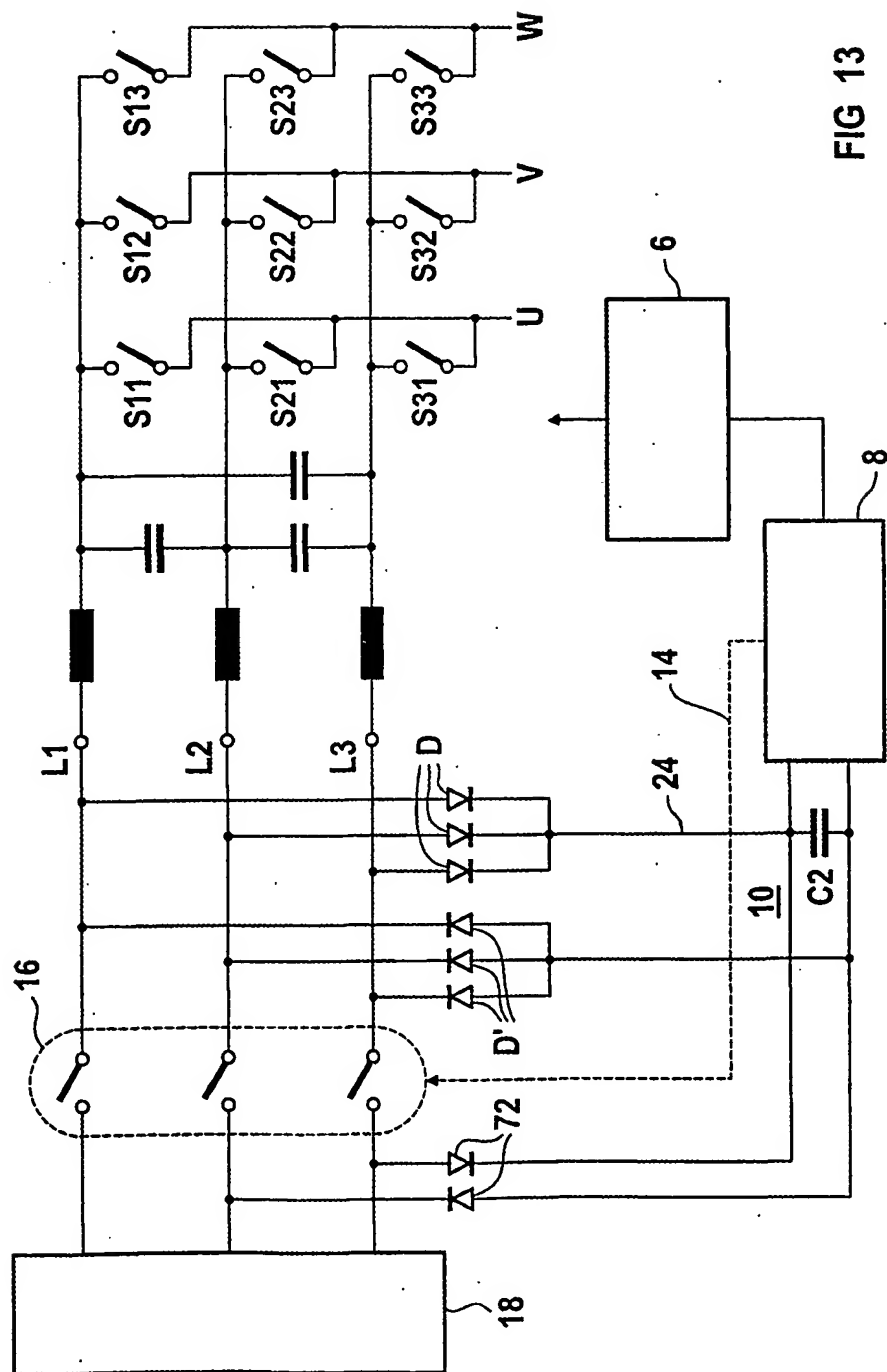


FIG 12

11 / 12



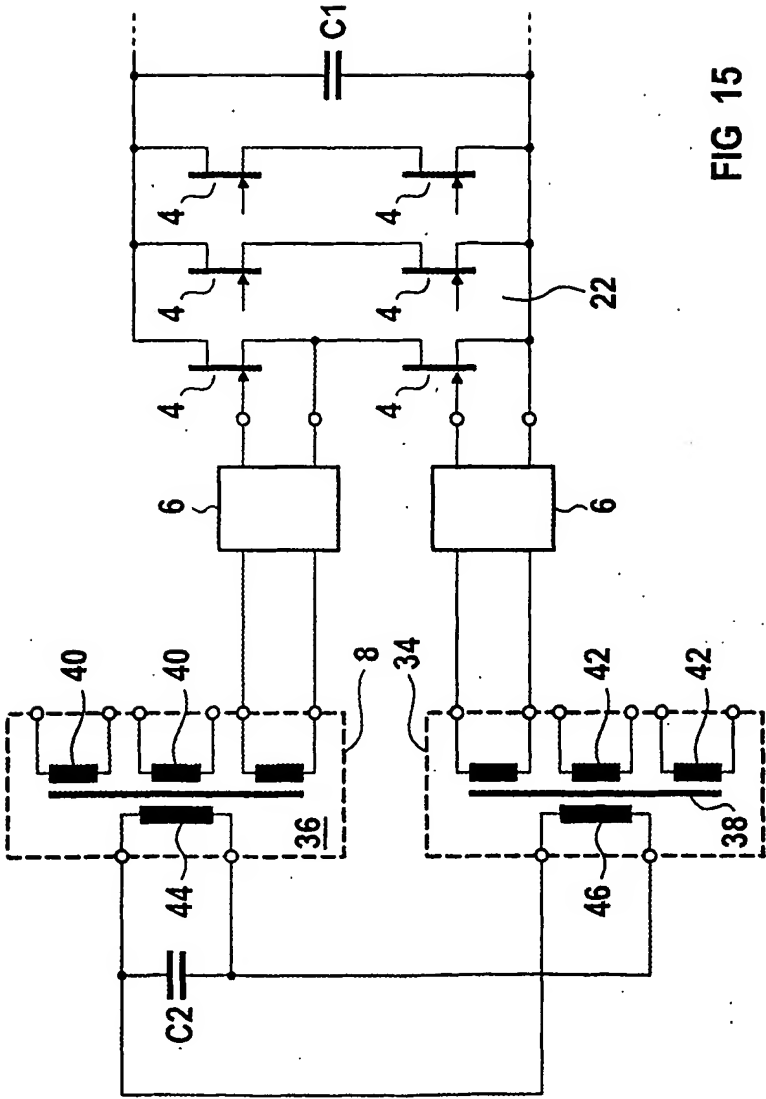


FIG 15